



①9



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

①1 Número de publicación: **2 360 807**

⑤1 Int. Cl.:
G01F 1/66 (2006.01)

①2

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑨6 Número de solicitud europea: **05776235 .3**

⑨6 Fecha de presentación : **01.06.2005**

⑨7 Número de publicación de la solicitud: **1754026**

⑨7 Fecha de publicación de la solicitud: **21.02.2007**

⑤4 Título: **Procedimiento y dispositivo para la medición de la velocidad de flujo de fluidos.**

③0 Prioridad: **08.06.2004 DE 10 2004 027 958**

④5 Fecha de publicación de la mención BOPI:
09.06.2011

④5 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
09.06.2011

⑦3 Titular/es: **SENSUS SPECTRUM L.L.C.**
8601 Six Forks Road
Raleigh, North Carolina 27615, US

⑦2 Inventor/es: **Schäfer, Burghard**

⑦4 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo para la medición de la velocidad de flujo de fluidos

ÁMBITO TÉCNICO

- 5 El invento se refiere a un procedimiento para la medición de la velocidad de flujo de fluidos de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 según el procedimiento de la diferencia de los tiempos de propagación. Además se refiere a un dispositivo para la realización del procedimiento.

ESTADO DE LA TÉCNICA

- 10 La medición de la velocidad de flujo de fluidos por medio de la medición de los tiempos de propagación de señales de ultrasonido en el sentido de la corriente y en contra de la corriente con la formación ulterior de la diferencia es conocida. Compárense los documentos DE 195 30 054 C, DE103 28 662 A, DE 33 31 531 C o DE 33 31 519 C. Estas memorias describen diferentes procedimientos con los que se pretende solucionar los problemas creados por la dependencia de la velocidad momentánea del sonido de la temperatura y de la presión o por reflexiones de las ondas de ultrasonido en las paredes del tramo de medición o por burbujas de aire en el fluido.

- 15 La medición exacta del tiempo de propagación es dificultada por el hecho de que los propios osciladores de ultrasonido inician y finalizan la oscilación con lentitud a causa de su inercia mecánica, con lo que se distorsiona adicionalmente la señal recibida.

EXPOSICIÓN DEL INVENTO

El presente invento se basa en el problema de divulgar un procedimiento de la clase expuesta más arriba, que sea capaz de adaptarse de manera adaptiva a las variaciones de la velocidad del sonido y eliminar las perturbaciones.

- 20 Este problema se soluciona con un procedimiento con las características de la reivindicación 1.

- El presente procedimiento mide en un primer proceso el tiempo, que transcurre entre la emisión de la señal de ultrasonido y la aparición de un impulso cualquiera, en este caso el impulso de orden k, de la señal de recepción. Para ello se excita el convertidor de transmisión con una secuencia de impulsos formada por n impulsos ($n \geq 1$), llamado "Burst". Esta primera medición se realiza ventajosamente en el sentido de flujo. A continuación se trata el tramo de medición con una señal de ultrasonido idéntica en el sentido contrario, intercambiando el convertidor de transmisión y el de recepción sus funciones. La segunda medición del tiempo ligada a ello comienza con la emisión de la señal de ultrasonido y termina con la recepción del impulso de orden k de recepción. El problema de elegir en la segunda señal de recepción nuevamente de manera exacta el impulso de orden k correspondiente a la primera señal de recepción se soluciona por el hecho de que el circuito de recepción no es conectado en el estado activo hasta que haya transcurrido un tiempo muerto concatenado de manera fija con el tiempo medido en el primer proceso de medición.

Debido a que durante el segundo proceso de medición permanece en primer lugar desconectado el circuito de medición, no es posible, que durante este tiempo los impulsos de perturbación, que surgen, puedan perturbar la medición.

- 35 Debido al hecho de que el tiempo muerto está concatenado de manera fija con el tiempo medido en la primera medición se compensan de manera adaptiva las variaciones de la velocidad del sonido producidas en el transcurso del tiempo o por variaciones de la presión, de la temperatura o de densidad del fluido, sin que se requiera una circuito de adaptación especial.

El tiempo muerto es, de acuerdo con una primera configuración del invento, igual al tiempo determinado en el primer proceso de medición.

- 40 Para la formación del tiempo muerto se acorta, de acuerdo con un perfeccionamiento preferido, el tiempo medido en primer lugar en un valor fijo, que es menor que la duración de un periodo de un impulso de excitación. Esto significa, que el circuito de medición es activado antes con este intervalo de tiempo. Con ello es posible registrar, incluso con una velocidad de flujo cero para la que los tiempos de propagación del sonido son idénticos en el sentido de avance y en el retorno, exactamente durante el segundo proceso de medición el impulso de orden k.

- 45 El valor del acortamiento del tiempo muerto equivale, según una configuración preferida, a un octavo de la duración del periodo.

A pesar de que fundamentalmente carece de importancia el impulso de excitación con el que comience la medición en el sentido de avance y en el de retorno, es recomendable, que esta medición arranque con el primer impulso o con el último. Con ello se simplifica de manera especial el circuito de medición.

La elección del impulso de orden k de la correspondiente señal de recepción influye de manera mínima, pero no despreciable del todo, en la exactitud de medición. Ventajosamente se elige como impulso de orden k el impulso para el que la curva analógica posee la amplitud más grande o, mejor todavía, la pendiente más grande los flancos en el paso por cero, respectivamente en el umbral del discriminador.

- 5 En lugar de medir los dos tiempos de propagación en el sentido de avance y en el de retorno y formar a continuación la diferencia también es posible medir directamente el tiempo entre el final del tiempo muerto y el impulso de orden k del segundo proceso de medición. Este tiempo, del que eventualmente es preciso restar el intervalo de tiempo fijo con el que se acorta el tiempo muerto, equivale de manera exacta a la diferencia de los tiempos de propagación de las señales de ultrasonido en el sentido de avance y en el de retorno. A partir de él se puede calcular sin más la velocidad de flujo y a partir de la velocidad de flujo el caudal del fluido.

El objeto del presente invento es, además, un dispositivo con el que se puedan realizar el procedimiento descrito y sus configuraciones y variantes. Un dispositivo de esta clase es objeto de la reivindicación 11.

BREVE DESCRIPCIÓN DEL DIBUJO

- 15 Por medio del dibujo se describirán el procedimiento de medición según el invento y un circuito de medición utilizable para él.

CAMINOS PARA LA REALIZACIÓN DEL INVENTO Y UTILIDAD INDUSTRIAL

- 20 La figura 1 muestra un tramo 11 de medición recorrido por un fluido con una velocidad v , en cuyo inicio está dispuesto un convertidor 11 de transmisión de ultrasonido y en cuyo fin está dispuesto un convertidor 12 de recepción de ultrasonido. Un generador 3 de ultrasonido genera impulsos de ultrasonido de alta frecuencia. Una cantidad de impulsos limitada al valor n ($n \geq 1$) es aplicada por medio de un interruptor A1 al convertidor 10 de transmisión. Este los transforma en oscilaciones de ultrasonido, que recorren el tramo 11 de medición y que son transformadas por el convertidor 12 de recepción en una secuencia de señales (W1) analógica. Esta es aplicada por medio de un interruptor A3 a la entrada de un amplificador 5 operacional configurado como amplificador y comparador a cuya segunda entrada se aplica una tensión U_{ref} de referencia. En la salida del amplificador 5 operacional aparece una señal D1 rectangular correspondiente, que es transferida a un contador 4. Este cuenta los impulsos de la secuencia D1 de señales. En el momento en el que cuenta el impulso de orden k , el contador 4 transmite una señal de parada a un dispositivo 2 de mando y de procesamiento.

- 30 El dispositivo 2 de mando y de procesamiento está conectado con un dispositivo 1 de medición del tiempo, que es conectado con el comienzo del proceso de medición, que se acaba de explicar, y que se desconecta con el impulso de orden k . El tiempo T_1 transcurrido entretanto es almacenado en el dispositivo 2 de mando y de procesamiento.

- A continuación se conmutan los interruptores A1, A2., A3, A4, de manera, que el hasta ahora convertidor 12 de recepción se transforma en el convertidor de transmisión y el hasta ahora convertidor 10 de transmisión en un convertidor de recepción. El generador 3 de ultrasonido transmite después nuevamente una cantidad de impulsos de excitación limitada a la misma cantidad n ($n \geq 1$) al convertidor 12, con lo que el convertidor 10 cede a través del interruptor A2 una secuencia de señales (W2) analógica al amplificador 5 operacional. La secuencia D2 de impulsos, que aparece en la salida de este, es transferida nuevamente al contador 4.

- 40 El dispositivo 2 de mando y de procesamiento desconectó durante el segundo proceso de medición a través de la entrada "enable" el contador 4 durante un determinado tiempo T_{gate} muerto. El tiempo T_{gate} muerto está acoplado firmemente con el tiempo T_1 medido en el primer proceso de medición. El tiempo T_{gate} muerto puede ser idéntico al primer tiempo T_1 o, con preferencia, ser acortado en un valor $T_{subgate}$ fijo con relación a aquel.

- 45 En el instante en el que ha transcurrido el tiempo T_{gate} muerto actual, el dispositivo 2 de mando y de procesamiento conecta por medio de la entrada "enable" el contador 4 en el modo activo. Este identifica el primer impulso siguiente de la secuencia D2 de impulsos como impulso de orden k y transmite una señal de parada correspondiente al dispositivo 2 de mando y de procesamiento, que detiene a su vez el dispositivo 1 de medición del tiempo. Este transfiere el tiempo medido como segundo tiempo T_2 al dispositivo 2 de mando y de procesamiento. Este forma a partir del primer y del segundo intervalo T_1 , T_2 de tiempo una diferencia ΔT a partir de la que se pueden calcular de manera conocida la velocidad v de flujo y el caudal del fluido a través del tramo de medición.

La figura 2 representa los correspondientes diagramas de los impulsos.

- 50 En la primera línea se pueden observar las señales (Burst 1) de excitación del convertidor 10 de transmisión. La medición del primer tiempo T_1 comienza por ejemplo con el último impulso.

En la segunda línea se representa la secuencia W1 de señales analógica en la salida del convertidor 12 de recepción de ultrasonido. Su envolvente posee, a consecuencia de los procesos transitorios iniciales y finales del convertidor 10, 12 una forma de campana.

5 En la tercera línea se representa la secuencia D1 de impulsos digital generada en el comparador 5. Estos impulsos son contados con el contador 4, que al identificar el impulso de orden k detiene a través del dispositivo 2 de mando y de procesamiento el dispositivo 1 de medición del tiempo. Con ello se determina el tiempo T1, que es una medida del tiempo de propagación de la señal de ultrasonido desde el convertidor 10 de transmisión al convertidor 12 de recepción.

10 En la línea siguiente se representan los impulsos (Burst 2) de excitación para el convertidor 12 conectado ahora como convertidor de transmisión. Con el final del último impulso de excitación comienza la medición del segundo tiempo T2. La onda de ultrasonido emitida por el convertidor 12 genera en el convertidor 10 una secuencia W2 de señales analógica, que en el comparador 5 se transforma en una secuencia D2 de impulsos digital.

15 La secuencia D2 de impulsos es aplicada al contador 4. Sin embargo, este está inicialmente desactivado durante el tiempo T_{gate} muerto. Sólo después de finalizar el tiempo T_{gate} muerto se activa el contador 4. Este identifica el siguiente impulso entrante de la secuencia D2 de impulsos como impulso de orden k y aplica una señal de parada correspondiente al dispositivo 2 de mando y de procesamiento. Este detiene, como ya se mencionó, el dispositivo 1 de medición del tiempo y extrae el tiempo medido como tiempo T2.

20 Si el primer proceso de medición se realizó en el sentido del flujo y el segundo proceso de medición se realizó en el sentido contrario al del flujo, es T2 mayor que T1 y la diferencia es $\Delta T = T2 - T1$. De esta diferencia ΔT de los tiempos de propagación se calculan después por medio de fórmulas conocidas la velocidad v de flujo y a partir de ella el caudal del fluido en el tramo 11 de medición.

Como permite ver la figura 2, el tiempo T_{gate} muerto guarda una relación fija con el tiempo T1 determinado en el primer proceso de medición. Esta relación reside en el hecho de que del tiempo T1 se restó un valor fijo, en este caso T_{subgate} , que es menor que la duración de un periodo de la señal de ultrasonido. Se comprobó, que un octavo de la duración del periodo es ventajoso.

25 Con el acortamiento fijo del tiempo T_{gate} muerto con relación al primer tiempo T1 medido se asegura, que incluso con la velocidad de flujo $v = 0$ se pueda identificar el impulso de orden k en el segundo proceso de medición.

REIVINDICACIONES

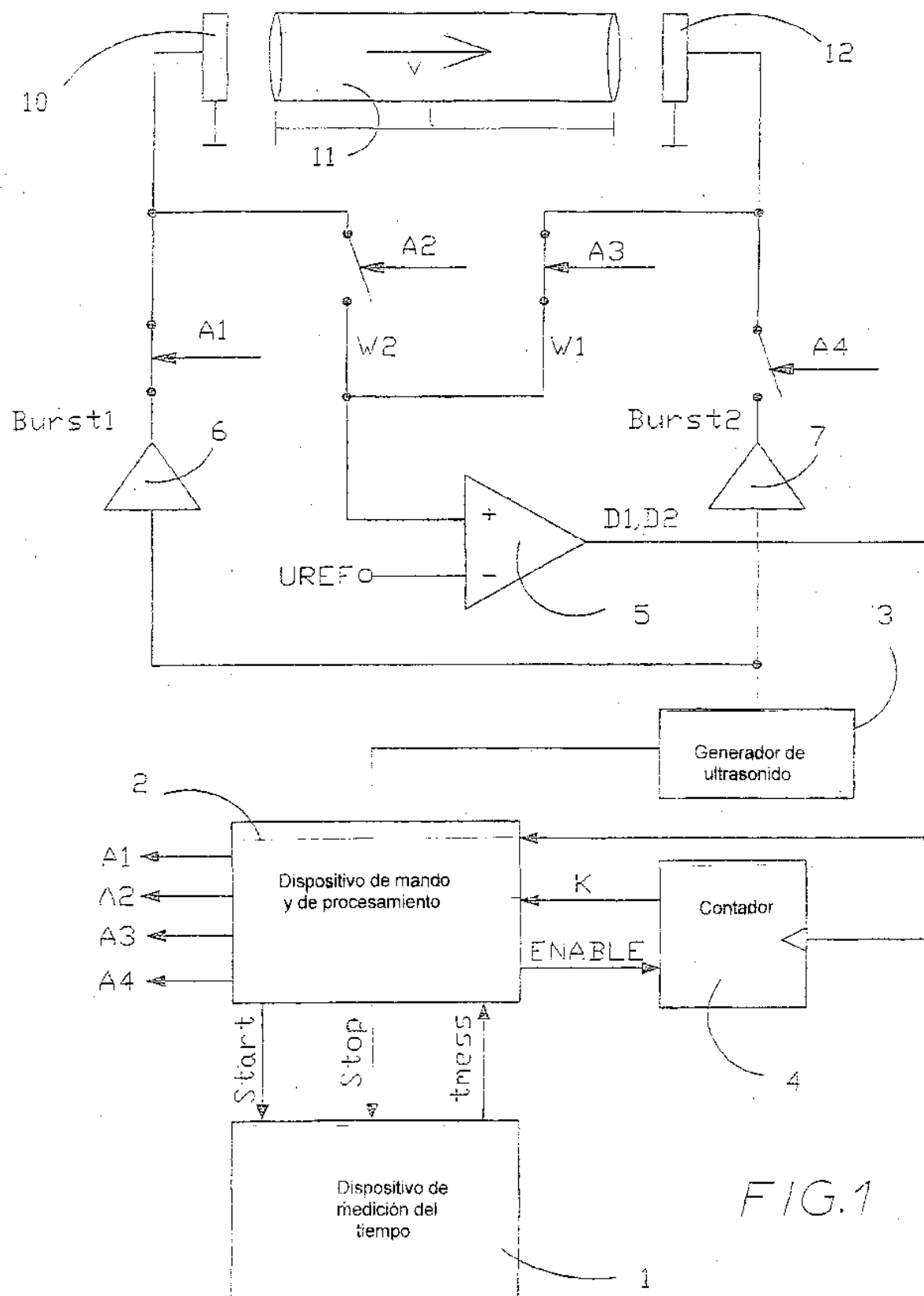
1. Procedimiento para la medición de la velocidad (v) de flujo de fluidos con el procedimiento de la diferencia de los tiempos de propagación, con las siguientes características:
 - 5 - barrido en el sentido de avance de un tramo (11) de medición de ultrasonido con dos convertidores (10, 12) de ultrasonido,
 - excitando para ello el convertidor (10) de transmisión con una cantidad de impulsos (Burst 1) de excitación limitada a n ($n \geq 1$) impulsos para la emisión de una secuencia de ondas de ultrasonido,
 - recepción de la secuencia de ondas de ultrasonido por el convertidor (12) de recepción como secuencia (W1) de señales analógica,
 - 10 - digitalización de la secuencia (W1) de señales en una secuencia (D1) de señales digital,
 - medición de un primer tiempo (T1) entre un determinado impulso de los impulsos (Burst 1) de excitación y un impulso de orden k ($k > 1$) de la secuencia (D1) de impulsos

caracterizado por

 - 15 - la excitación del convertidor (12) de recepción con una cantidad, limitada al valor n , de impulsos (Burst 2) con la misma frecuencia para la emisión de una secuencia de ondas de ultrasonido,
 - recepción de la secuencia de ondas de ultrasonido en el convertidor (10) de transmisión como secuencia (W2) de señales analógica,
 - digitalización de la secuencia (W2) de señales en una secuencia (D2) de impulsos,
 - 20 - medición de un segundo tiempo (T2) entre un determinado impulso de los impulsos (Burst 2) de excitación y el primer impulso de la secuencia (D2) de impulsos, que se detecte después de transcurrir un tiempo (T_{gate}) muerto, que guarda una relación fija con el primer tiempo (T1),
 - formación de la diferencia (ΔT) entre el primer y el segundo tiempo (T1, T2),
 - cálculo de la velocidad (v) de flujo con la ayuda de la diferencia (ΔT) hallada.
- 25 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el tiempo (T_{gate}) muerto es igual al primer tiempo (T1) medido.
3. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque para la formación del tiempo (T_{gate}) muerto se acorta el primer tiempo (T1) en un valor ($T_{subgate}$), que es menor que la duración del periodo de los impulsos (Burst 1, Burst 2) de excitación.
- 30 4. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque el valor ($T_{subgate}$) del acortamiento equivale a un octavo de la duración del periodo.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4 caracterizado porque las mediciones del primer y del segundo tiempo (T1, T2) comienzan siempre con el mismo impulso de los impulsos (Burst 1, Burst 2) de excitación.
6. Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado porque las mediciones comienzan con el primer o el último impulso de los impulsos (Burst 1, Burst 2) de excitación.
- 35 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque como impulso de orden k de la secuencia (D1) de impulsos se elige el impulso para el que la secuencia (W1) de ondas posee la amplitud más grande.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque como impulso de orden k de la secuencia (D1) de impulsos se elige el impulso para el que la secuencia (W1) de ondas posee la pendiente más grande de los flancos.
- 40 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque la medición del primer tiempo (T1) se realiza en el sentido de la circulación del fluido.
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque en lugar de la formación de la diferencia entre el primer y el segundo tiempo (T1, T2) se mide directamente la diferencia (T_d) de tiempo entre el tiempo (T_{gate}) muerto y el primer impulso de la secuencia (D2) de impulsos detectado después de él.

11. Dispositivo para la realización del procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 1 a 10, que comprende:

- un convertidor (10) de transmisión,
 - un convertidor (12) de recepción,
 - entre ellos, un tramo (11) de medición de ultrasonido,
 - 5 - un generador (3) para generar una cantidad, limitada al valor n ($n \geq 1$), de impulsos (Burst 1, Burst 2) de excitación,
 - una tensión (U_{ref}) de referencia,
 - un amplificador de recepción,
 - un comparador (5),
 - 10 - un contador (4),
 - un dispositivo (1) de medición destiempo,
 - un dispositivo (2) de mando y de procesamiento,
- caracterizado porque el dispositivo (2) de mando y de procesamiento comprende
- una unidad de memoria para el almacenamiento intermedio del primer y del segundo tiempo (T_1 , T_2),
 - 15 - un circuito puerta, que sólo se abre después de transcurrir un tiempo (T_{gate}) muerto concatenado de manera directa con el primer tiempo (T_1) almacenado,
 - un interruptor (A_1 , A_2 , A_3 , A_4), que conecta alternativamente los convertidores (10, 12) con el generador (3), respectivamente el amplificador de recepción.



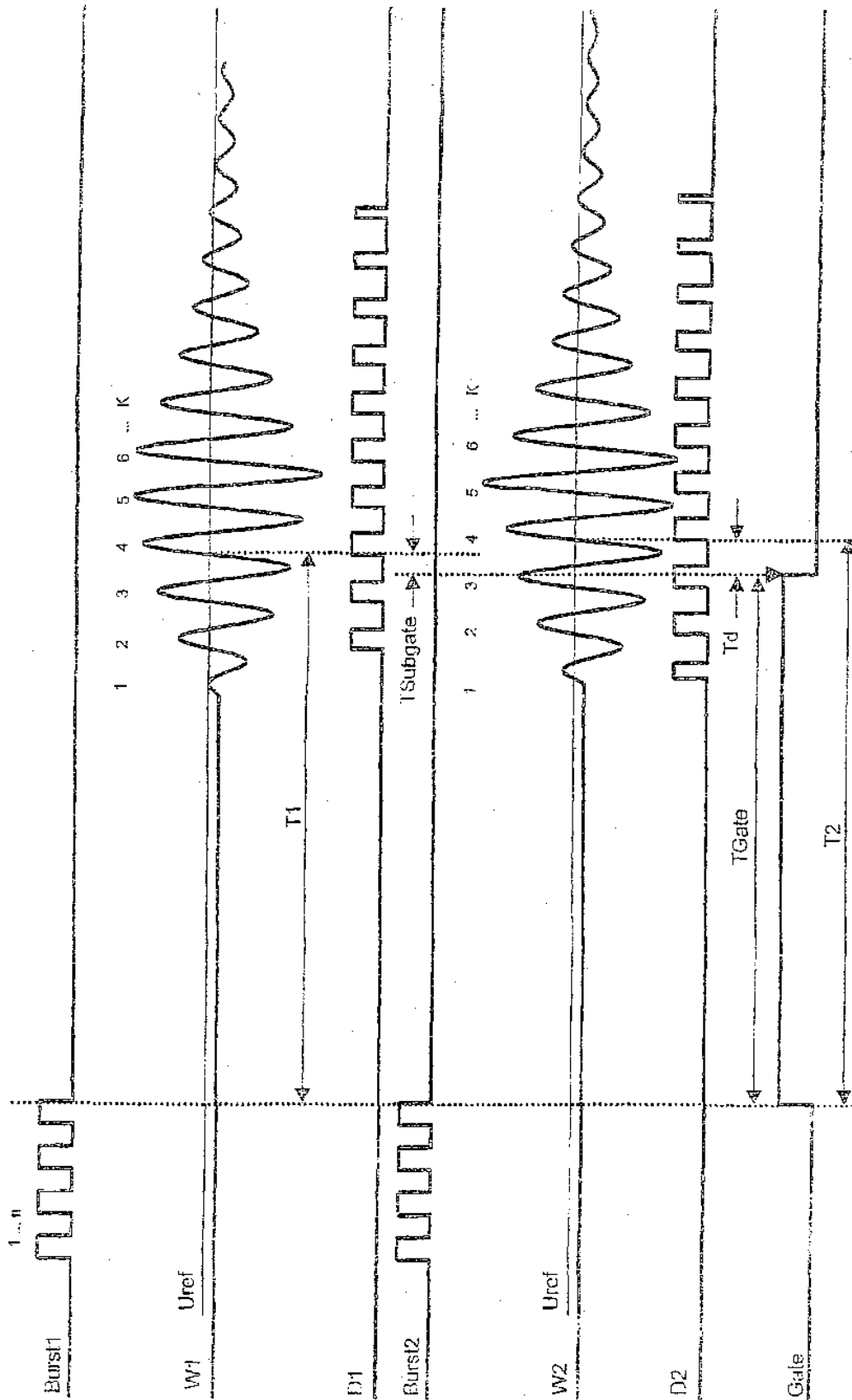


FIG. 2